动 物 学 研 究 2006, Jun. 27 (3): 269 – 274 CN 53 – 1040/Q ISSN 0254 – 5853
Zoological Research

艾虎对猎物和捕食者气味的反应

杨生妹[1,*], 魏万红[1,3], 殷宝法[1], 樊乃昌[2], 周文扬[3]
(1. 扬州大学 生物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009; 2. 浙江师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 金华 321004;
3. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 在室内条件下通过双通道选择实验确定艾虎(*Mustela eversmanni*)在通过不同气味源的场所中的取食量以及利用时间和利用频次, 由此分析捕食者气味和猎物气味对艾虎取食行为的影响。研究结果表明, 在无任何气味源存在时, 艾虎在对照气味和对照气味组这两个场所中的取食量、活动时间和活动频次基本一致。在猎物高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)气味和对照气味组及高原鼢鼠(*Myospalax baileyi*)气味和对照气味组的两组实验中, 艾虎在通过猎物气味的场所中的取食量、活动时间和活动频次与对照气味场所中比较也无明显的差异, 但是在天敌动物赤狐(*Vulpes vulpes*)气味存在的条件下, 艾虎明显减少在通过赤狐气味的场所中的取食量、活动时间和活动频次。同时, 当间接捕食风险天敌动物赤狐气味存在时, 艾虎明显增加了总的取食量, 减少了在巢箱中居住的时间, 而将更多的时间停留在无风险的场所中, 这说明艾虎能够利用天敌动物赤狐的气味, 采用增加取食量和减少高风险区域活动时间的策略来降低被捕食风险。

关键词: 艾虎; 气味; 捕食者; 猎物
中图分类号: Q434; Q959.838.05 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254 – 5853 (2006) 03 – 0269 – 06

Response of the Steppe Polecat (*Mustela eversmanni*) to the Odors of Prey and Predator

YANG Sheng-mei[1,*], WEI Wan-hong[1,3],
YIN Bao-fa[1], FAN Nai-chang[2], ZHOU Wen-yang[3]
(1. *College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou* 225009, *China;*
2. *College of Life and Environment Science, Zhejiang Normal University, Jinhua* 321004, *China;*
3. *Northwest Institute of Plateau Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining* 810001, *China*)

Abstract: The food intake, duration of stay and frequency of visitation of the steppe polecat (*Mustela eversmanni*) staying in places with different species' odors were investigated through the two-choice test in the laboratory, and the effects of different species' odors on the feeding behaviors of the polecats were determined. The results showed that the food intake, duration of stay and frequency of visitation of the polecat were the same when there were no odors in either of the two patches. The odors of two prey species, the zokor (*Myospalax baileyi*) and the pika (*Ochotona curzoniae*) had no significant influence on the polecat behaviour compared with the controls. The variables were all much higher in the control site than in the site of the red fox's odor, The polecat significantly increased total food intake, decreased the living time in nest boxes and spent more time in the control place when the odor of the red fox (*Vulpes vulpes*) existed in the other patch, as indirect predation risk existed. The polecat had the ability to decrease the predation risk through the strategy of increasing the food intake and decreasing the time of staying in the high predation risk patch.

Key words: *Mustela eversmanni*; Odor; Predator; Prey

收稿日期: 2005 – 12 – 05; 接受日期: 2006 – 04 – 14
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770106, 30570289)
Foundation item: This work was funded by the Program for the National Natural Science Foundation of China (39770106, 30570289)
* 通讯作者(Corresponding author), E-mail: yang_sm@hotmail.com
第一作者简介: (1964 –), 女, 副教授, 主要从事动物学研究。

化学感觉（chemosensory detection）是许多哺乳类动物用于躲避捕食者和发现猎物的重要手段之一。如果捕食者是啮齿动物的主要致死因素，自然选择将会对那些能够辨认或躲避天敌动物气味的个体有利（Brodie et al，1991）。大量的研究表明，许多动物能够确定来自捕食者的化学刺激，当它们发现捕食者的化学信号时，通过减少活动、改变活动区域或表现出躲避行为，以减少与捕食者遭遇的机率，降低被捕食的风险，从而增加其存活值（Pusenius & Ostfeld，2002；Sih，2002；Sundell & Ylönen，2004；Cupp，1994；Keefe，1992；Hilario et al，2000；Jones & Dayan；2000）。天敌动物的粪、尿和腺体的分泌物以及许多人工合成化合物对许多啮齿类动物的空间分布、食物资源的探测等均有影响（Sullivan et al，1990；Epple et al，1993；Jedrzejewski & Jedrzejewska，1993；Swihart，1991；Bramley & Waas，2001），来源于不同食肉类动物的粪尿也可以减少许多有蹄类动物对树木的啃食活动（Melchiors & Leslie，1985；Pfister et al，1990），因此，许多学者热衷于挖掘捕食者气味作为自然驱避剂（natural repellents）的潜能。

艾虎（*Mustela eversmanni*）是青藏高原主要鼬科动物之一，是典型的夜行型动物，其主要食物为高原鼢鼠（*Myospalax baileyi*）、高原鼠兔（*Ochotona curzoniae*）、根田鼠（*Mirotus oeconomus*）和一些小型鸟类（Zheng et al，1983），其主要天敌动物是赤狐（*Vulpes vulpes*）、牧犬和鹰类（Zhou & Wei，1994a）。艾虎在捕食过程中主要搜寻高原鼠兔和高原鼢鼠的洞穴系统，当面临捕食者时只要进入任何猎物的洞穴系统内，捕食者对其构成的危险明显减少（Zhou & Wei，1994a，b）。虽然作为捕食风险源之一的月光对艾虎的活动没有明显的影响，但是艾虎在明亮的月光期明显增加了对平坦灌丛区域的利用时间，灌丛作为一种隐蔽场所，减少了艾虎被捕食的风险，说明艾虎将月光作为一种风险源，在活动时能够根据其强弱权衡捕食风险的大小（Wei et al，2002a，b）。迄今为止，对于艾虎在搜寻猎物和躲避捕食者时是否利用气味作为信息源以增加捕获食物的机率和减少被捕食的风险方面的研究尚无报道。本文将研究艾虎对其猎物和捕食者气味的反应，探讨气味在艾虎取食和躲避捕食风险中的作用。

1 材料及方法

1.1 材 料

本项研究于 1999 年 3—5 月在青海省西宁市中国科学院西北高原生物研究所进行。用于实验的 6 只成体艾虎于 1998 年 10 月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站附近捕获。其中雌性平均体重（646.00 ± 9.94）g（n = 3）；雄性平均体重（733.30 ± 7.51）g（n = 3）。艾虎被捕后带回西宁饲养于室外 140 cm × 120 cm × 180 cm 的网围栏内，围栏内放置 25 cm × 25 cm × 39 cm 的木质巢箱供艾虎居住。从市场购得牛羊的肝脏及心脏作为艾虎的食物，每天下午 19：00 时供给食物及饮水，同时，每周内给每只艾虎提供 1 只活的实验大鼠（*Rattus norvegicus*）供其捕杀和取食。

实验中所使用猎物的粪、尿来源于室内饲养的高原鼠兔和高原鼢鼠，二者均被捕于中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站附近。猎物被捕后带回西宁单个饲养于 25 cm × 25 cm × 39 cm 的养鼠笼内，自然光照射，每天早 8：30 时供给食物及饮水。高原鼢鼠饲喂胡萝卜，高原鼠兔饲喂实验大鼠的饲料。赤狐粪、尿收集于西宁市赤狐饲养中心。

在收集艾虎的这些猎物和捕食者的粪、尿以前，先将饲养笼清除干净，然后在饲养笼下方悬挂塑料袋，24 h 后收集塑料袋内的粪尿，密封后在冰箱中保存。每周收集一次，每次收集的粪尿只用于一周的实验，而后更换新的粪、尿。

1.2 方 法

在地下室中建立图 1 所示的观察室 No.1、No.2、No.3 和 No.4，将其作为艾虎取食和活动的场所，每个活动场所的面积为 260 cm × 490 cm，高为 300 cm；将观察室 No.5 作为实验时放置艾虎巢箱的场所，其面积为 1 040 cm × 137 cm，高为 300 cm。实验时利用两个观察室 No.1 和 No.4 或 No.2 和 No.3 进行双通道选择实验（two-choice test），艾虎的居住巢箱放置在两个观察室外的对称位置，通过两套对称的洞道系统将艾虎居住的巢箱分别与两个观察室的入口处相连，用于洞穴系统的材料是直径为 10 cm 的有机塑料圆管，洞道系统上部用土包埋，以防止透光。在每一套洞道系统距离巢箱 50 cm 处的洞道底部和洞道与观察室相连处的洞道底部放置两个玻璃器皿作为气味源站，同时，将该处的洞道底部制作许多小孔，使气味源站的气味可以

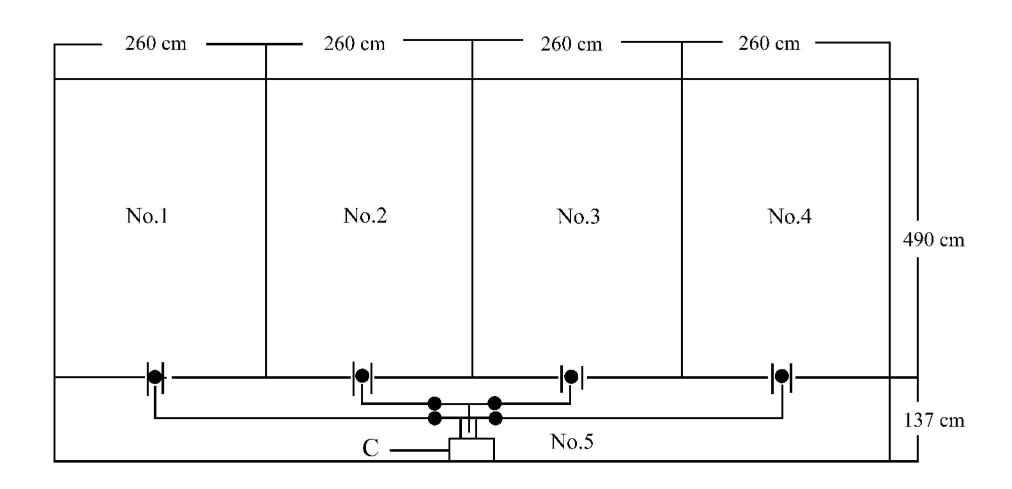


图 1 实验观察场

Fig. 1 Observation arenas

C 代表巢箱（C denotes the chamber of the polecat lived）；圆点表示气味源点（The solid dots denote the odor source）。

透过小孔进入洞道内。在艾虎巢箱的出口处和 4 个观察室的入口处分别装置光电感应控制器，将控制器通过电缆输送至监测室的计算机，自动记录艾虎对不同观察室的利用时间和频次，实验场与监测室之间的距离在 50 m 以上。实验时通过自动控制装置模拟自然光照强度和光照时间。

实验分 4 个组，即对照气味和对照气味组、高原鼠兔气味和对照气味组、高原鼢鼠气味和对照气味组、赤狐气味和对照气味组。其中，对照气味和对照气味组实验主要确定艾虎在无任何气味存在或在相同气味条件下对两个场所的利用程度。对照气味的供体是自来水，不同物种气味的供体是各物种的粪尿。每次实验于早 8：00 时开始，利用其中的一组气味进行，在巢箱中放入一只艾虎，在一套洞道系统内的两个气味源站各施放 20 g 左右的一种气味供体，而在另一套洞道系统内的两个气味源站各施放 20 g 左右同组的另一种气味供体；在每个观察室的地面中心区域分散放置相同质量的粉碎羊肉 500 g 作为艾虎取食的食物，使艾虎只能取食而不能将食物一次拖走。通过动物活动监测系统自动记录艾虎在 24 h 内出现在两个观察室内的时间和频次，实验结束后分别称量两个观察室中剩余食物量，计算艾虎取食量。然后，清洗洞道系统内的气味，调换两套洞道系统内的气味源，重复以上实验。在同一组气味实验结束后更换新的实验动物或新的气味组重复以上实验。在每组气味组实验中，每只艾虎最多实验次数不超过二次，每周内每只艾虎只供试验一次。

1.3 数据分析

统计分析时采用 ANOVA 比较艾虎在不同场所中的取食量差异，采用 Wilcoxon Matched Pairs Test 检验艾虎对不同场所的利用时间和利用频次的差异。所有分析均通过 SPSS for Windows 完成。文中实验数据以平均数 ± 标准误表示，n 为实验次数，$P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结 果

2.1 猎物和捕食者气味对艾虎取食量的影响

分别统计艾虎每个气味组实验中在两个场所中对食物的取食量（表 1），结果表明，在对照气味和对照气味组、高原鼠兔气味和对照气味组、高原鼢鼠气味和对照气味组实验中，艾虎在两个场所中的食物取食量无显著差异；但是，在赤狐气味和对照气味组实验中，艾虎对通过赤狐气味源的场所中的取食量显著低于通过对照气味源的场所中的取食量。

分别统计每个气味组实验中艾虎在两个场所中总的取食量，艾虎在对照气味和对照气味组、高原鼠兔气味和对照气味组、高原鼢鼠气味和对照气味组、赤狐气味和对照气味组实验中总的取食量分别为（340.1 ± 40.76）、（343.1 ± 44.78）、（373.3 ± 34.71）和（543.1 ± 26.68）g（各组 $n = 20$）。方差分析结果表明，艾虎在不同气味条件下的取食量有极度显著差异（$F_{3,36} = 6.705$，$P = 0.001$），这种差异主要表现在增加天敌动物赤狐的气味后，艾虎的取食量明显高于其他 3 种气味组的取食量（$P <$ 0.05），而在对照气味和对照气味组、高原鼠兔气

味和对照气味组、高原鼢鼠气味和对照气味组实验之间的取食量基本相同（$P > 0.05$）。

2.2 猎物和捕食者气味对艾虎活动性的影响

分别统计艾虎在每个气味组实验中对两个场所的利用时间和利用频次（表 2），结果表明，在对照气味和对照气味组、高原鼠兔气味和对照气味组实验中，艾虎对两个场所的利用时间和利用频次均无显著差异；在高原鼢鼠气味和对照气味组实验中，艾虎对两个场所的利用时间也无显著差异，但是对通过鼢鼠气味源的场所的利用频次明显高于对照气味源的场所；在赤狐气味和对照气味组实验中，艾虎对通过赤狐气味源的场所的利用时间和利用频次明显低于通过对照气味源的场所。

艾虎在对照气味和对照气味组、高原鼠兔气味和对照气味组、高原鼢鼠气味和对照气味组、赤狐气味和对照气味组实验中总的活动时间分别为（76.61 ± 11.38）、（75.80 ± 11.44）、（76.46 ± 11.36）和（561.994 ± 184.12）min（各组 $n = 10$），4 个气味组间有显著差异（$F_{3,36} = 5.621$，$P = 0.031$）；艾虎在 4 种气味组的实验中，其总的活动频次分别为（51.20 ± 8.39）、（52.60 ± 11.050）、（58.00 ± 10.37）和（47.90 ± 10.92）次（各组 $n = 10$），4 个气味组间无显著差异（$F_{3,36} = 1.847$，$P = 0.172$）。

表 1 不同气味组中艾虎的取食量比较

Tab. 1 Comparison of food intake by the polecat in different odor groups (g)

实验组 Groups	气味 Odor	雌性 Female ($n = 4$)	雄性 Male ($n = 6$)	雌性 + 雄性 Female + male ($n = 10$)
对照—对照组	对照 Control	151.00 ± 22.90	185.50 ± 29.66	171.70 ± 19.87
Control – control	对照 Control	163.50 ± 32.63	171.67 ± 29.69	168.40 ± 22.89
		$F_{1,6} = 0.098$，$P = 0.765$	$F_{1,10} = 0.095$，$P = 0.764$	$F_{1,18} = 0.012$，$P = 0.915$
鼠兔—对照组	鼠兔 Pika	172.75 ± 21.65	201.17 ± 44.44	189.80 ± 27.25
Pika – control	对照 Control	129.00 ± 36.89	169.50 ± 35.71	153.30 ± 25.50
		$F_{1,6} = 1.046$，$P = 0.346$	$F_{1,10} = 0.309$，$P = 0.591$	$F_{1,18} = 0.956$，$P = 0.341$
鼢鼠—对照组	鼢鼠 Zokor	179.00 ± 22.16	208.67 ± 44.34	196.80 ± 27.28
Zokor – control	对照 Control	167.00 ± 16.16	182.83 ± 17.01	176.50 ± 11.75
		$F_{1,6} = 0.191$，$P = 0.677$	$F_{1,10} = 0.296$，$P = 0.598$	$F_{1,18} = 0.467$，$P = 0.503$
赤狐—对照组	赤狐 Red fox	239.00 ± 24.73	199.00 ± 31.28	215.00 ± 21.14
Red fox – control	对照 Control	340.00 ± 13.14	320.33 ± 27.64	328.20 ± 17.02
		$F_{1,6} = 13.006$，$P = 0.011^*$	$F_{1,10} = 7.002$，$P = 0.025^*$	$F_{1,18} = 14.928$，$P = 0.001^*$

$^*P < 0.05$（ANOVA：对两个不同气味场所中取食量的方差分析）。

$^*P < 0.05$（The ANOVA of food intake in two places of different odors）.

表 2 艾虎对不同气味场所的利用时间

Tab. 2 The duration of the polecat staying in places according to odor

实验组 Groups	气味 Odor	利用时间 Duration (min) ($n = 10$)	利用频次 Frequency ($n = 10$)
对照—对照组	对照 Control	38.58 ± 6.86	27.80 ± 5.67
Group of control – control	对照 Control	38.03 ± 5.01	23.4 ± 3.40
		$T = 24.00$，$P = 0.721$	$T = 18.50$，$P = 0.359$
鼠兔—对照组	鼠兔 Pika	45.68 ± 9.15	31.20 ± 6.25
Group of pika – control	对照 Control	30.12 ± 5.13	21.40 ± 5.54
		$T = 11.00$，$P = 0.093$	$T = 9.0$，$P = 0.059$
鼢鼠—对照组	鼢鼠 Zokor	46.24 ± 9.14	35.00 ± 6.24
Group of zokor – control	对照 Control	30.2 ± 5.08	23.00 ± 4.63
		$T = 11.00$，$P = 0.092$	$T = 9.0$，$P = 0.017^*$
赤狐—对照组	赤狐 Red fox	26.14 ± 6.07	19.20 ± 4.90
Group of red fox – control	对照 Control	525.85 ± 180.83	28.7 ± 6.37
		$T = 4.00$，$P = 0.017^*$	$T = 3.00$，$P = 0.013^*$

$^*P < 0.05$（对两个不同气味场所利用时间和利用频次进行 Wilcoxon Matched Pairs 检验）。

$^*P < 0.05$（Wilcoxon matched pairs test of duration and frequency in two places of different odors）.

将24小时分为4个时间段：Ⅰ（01:00—06:00）、Ⅱ（00：07—12：00）、Ⅲ（13：00—18：00）、Ⅳ（19：00—24：00），分别统计每组实验每个时间段内艾虎对两个场所的利用频次（表 3），结果表明，在任何一组实验中，艾虎在时间段Ⅰ和Ⅳ的活动性较高，而在时间段Ⅱ和Ⅲ的活动性相对降低；同时，艾虎对相同场所利用频次在每组实验中的 4 个时间段都表现出同样的规律性。

表 3　每 6 小时内艾虎在不同场所中的活动频次

Tab. 3　The active frequency of the polecat in different patches within six hours

时间段 Time period		赤狐—对照气味组 Group of red fox – control		鼠兔—对照气味组 Group of pika – control		鼢鼠—对照气味组 Group of zokor – control		对照—对照气味组 Group of control – control	
		赤狐 Red fox	对照 Control	鼠兔 Pika	对照 Control	鼢鼠 Zokor	对照 Control	对照 Control	对照 Control
Ⅰ	10	1.19 ± 0.19	1.51 ± 0.43	2.16 ± 0.36	1.08 ± 0.50	1.74 ± 0.26	1.17 ± 0.31	1.54 ± 0.26	1.68 ± 0.41
Ⅱ	10	0.47 ± 0.17	0.93 ± 0.33	0.88 ± 0.32	0.64 ± 0.21	0.99 ± 0.40	0.77 ± 0.43	0.42 ± 0.20	0.63 ± 0.22
Ⅲ	10	0.33 ± 0.21	0.71 ± 0.21	0.69 ± 0.29	0.72 ± 0.18	1.17 ± 0.49	0.46 ± 0.21	0.71 ± 0.25	0.94 ± 0.29
Ⅳ	10	1.21 ± 0.23	1.65 ± 0.20	1.47 ± 0.37	1.12 ± 0.41	1.95 ± 0.37	1.42 ± 0.38	1.25 ± 0.24	1.37 ± 0.26

3　讨　论

任何动物在捕食和躲避捕食的过程中都需要对复杂环境中的各种信息加以评估，以确定捕食风险大小和食物种类的可利用性（Brodie et al，1991；Skutelsky，1996）。在众多的环境信息中，气味是一个重要的信息源，利用气味是许多猎物躲避捕食者的一个重要策略（Cupp，1994；Keefe，1992）。我们的研究结果也表明，艾虎能够辨别不同物种的气味，尤其是天敌动物赤狐的气味对艾虎的取食量和活动时间有明显的影响，而且雌雄艾虎表现出相同的特点。在天敌动物气味实验中，艾虎不但减少了在通过天敌动物气味源的场所中的取食量和利用时间，而且为了躲避捕食风险，减少了在巢箱中的居住时间，增加了在无风险场所中的居住时间，这说明艾虎在取食过程中对捕食风险尤为敏感，通过利用气味信息减少被捕食的风险。同时，本项实验也表明，艾虎在捕食风险增加后总的取食量明显增加，其主要原因可能有两个方面，一是捕食风险增加后，艾虎用于防御的行为成分增加，从而增加了能量的消耗。在捕食者存在的条件下，褐家鼠（*Rattus norvegicus*）的体重明显下降，而活动时间明显增加（Bramley et al，2000）。艾虎增加食物的摄入量可能是弥补因风险增加所带来的能量的过度消耗，二是艾虎增加当前风险条件下总的取食量，以应对未来未知条件下的食物缺乏。在野外研究中发现，艾虎在下雪当天的日活动时间明显高于正常气候条件下的日活动时间，将更多的时间用于搜寻和捕获猎物，在尔后连续天气不好的条件下，艾虎可不出洞活动 6 天以上，通过降低活动性以减少能量消耗（Zhou & Wei，1994b）。

许多研究表明，猎物气味在天敌动物的捕食中具有吸引作用，伶鼬（*Mustela nivalis nivalis*）明显选择处于繁殖期的雌性田鼠（*Clethrionomys glareolus*）（Ylönen et al，2003），高原鼠兔和高原鼢鼠的气味也明显增加了艾虎对气味场所的利用频次，但是，艾虎在捕食过程中对猎物气味信息的依赖程度也许低于伶鼬对猎物气味的依赖程度，主要表现在高原鼠兔和高原鼢鼠的气味对艾虎的取食量、场所的利用时间无明显影响，这可能与艾虎的捕食行为特征及实验过程中的食物量有关系。已有的研究表明，每只艾虎的日食物需求量为 250 g（Zheng et al，1983）左右，每天只要捕获一只成年高原鼢鼠（约 250 g）或两只成年高原鼠兔（约 250 g）就可以满足一天的能量需求，而本项室内实验中，提供的食物量远远超过了艾虎的日食物需求量，在一定程度上影响了猎物气味对艾虎的捕食行为。同时，艾虎与其他鼬科动物一样是一种随机捕食者，在捕食过程中捕杀遇到的每一只猎物，除非发现食物利用性更高的猎物（Huey & Pianka 1981）。在两种猎物的气味组实验中，艾虎除了利用通过猎物气味源的场所及食物外，自然也会随机利用无任何风险的对照区域及食物，这符合艾虎在野外条件下的捕食特征（Zhou & Wei，1994a；Wei et al，2002b），也反映出气味作为一种信息源在艾虎依赖其降低捕食风险中的作用比增加搜寻猎物中的作用更为重要。

在气味源连续存在 24 小时的条件下，艾虎主要在夜间活动，与野外的研究结果基本一致（Zhou & Wei，1994b），且在不同的气味组实验中，艾虎在 4 个时间段的活动特点趋于相同，说明艾虎对不

同物种的气味并没有产生适应性的变化，在其他动物的研究中也有相同的报道（Epple et al，1993；Swihart，1991）。如果捕食者和猎物在进化时间（evolutionary time）内居于同一区域，猎物对于捕食者气味刺激的反应是可遗传的，Gorman（1984）指出，田鼠（*Microtus arvalis*）与捕食者的分离至少有5000年的历史，但它仍然躲避黄鼬（*Mustela erminea*）的气味，褐家鼠本能地躲避赤狐的尿液，所以许多猎物能自然地对捕食者的气味做出相应的行为反应（Weldon & Graham，1993）。因此，艾虎对其猎物和天敌气味的反应也是在进化过程中形成的一种适应性生存策略。

参考文献：

Bramley GN，Waas JR. 2001. Laboratory and field evaluation of predator odors as repellents for kiore（*Rattus exulans*）and ship rats（*R. rattus*）[J]. *J Chem Ecol*，**27**（5）：1029－1047.

Bramley GN，Waas JR，Henderson HV. 2000. Responses of wild norway rats（*Rattus norvegicus*）to predator odors [J]. *J Chem Ecol*，**26**（3）：705－719.

Brodie ED，Formanovicz DR Jr，Brodie ED. 1991. Predator avoidance and antipredator mechanisms：Distinct pathways to survival [J]. *Ethol Ecol Evol*，**3**：73－77.

Cupp PVJR. 1994. Salamanders avoid chemical cues from predator [J]. *Anim Behav*，**48**：232－235.

Epple G，Mason JR，Nolte Dl，Campbell DL. 1993. Effects of predator odors on feeding in the mountain beaver（*Aplodontia rufa*）[J]. *J Mammal*，**74**：715－722.

Hilario D，David T，Chiszar. 2000. Habitat selection and prey odor in the foraging behavior of western rattlesnakes（*Crotalus viridis*）[J]. *Behaviour*，**137**（1）：119－135.

Huey RB，Pianka ER. 1981. Ecological consequences of foraging mode [J]. *Ecology*，**62**：991－999.

Jedrzejewski W，Jedrzejewska B. 1993. Responses of bank voles to the odours of seven species of predators：Experimental data and their relevance to natural predator-vole relationships [J]. *Oikos*，**68**：251－257.

Jones M，Dayan T. 2000. Foraging behavior and microhabitat use by spiny mice，*Acomys cahirinus* and *A. russatus*，in the presence of blanford's fox（*Vulpes cana*）odor [J]. *J Chem Ecol*，**26**（2）：455－469.

Keefe M. 1992. Chemically mediated avoidance behaviour in wild brook trout，*Salvelinus fontinalis*：The response to familiar and unfamiliar predaceous fishes and the influence of fish diet [J]. *Can J Zool*，**70**：288－292.

Melchiors MA，Leslie CA. 1985. Effectiveness of predator fecal odors as black-tailed deer repellents [J]. *J Wildl Manage*，**49**：358－362.

Pfister JA，Muller-Schwarze D，Balph DF. 1990. Effects of predator fecal odors on feed selection by sheep and cattle [J]. *J Chem Ecol*，**16**：573－583.

Pusenius J，Ostfeld RS. 2002. Mammalian predator scent，vegetation cover and tree seedling predation by meadow voles [J]. *Ecography*，**25**（4）：481－487.

Sih A，McCarthy TM. 2002. Prey responses to pulses of risk and safety：Testing the risk allocation hypothesis [J]. *Anim Behav*，**63**：437－443.

Skutelsky O. 1996. Predation risk and state-dependent foraging in scorpions：Effects of moonlight on foraging in the scorpion *Buthud occitanus* [J]. *Anim Behav*，**52**：49－57.

Sullivan TP，Crump DR，Wieser H，Dixon A. 1990. Responses of pocket gophers（*Thomomys talpoides*）to an operdational application of synthetic semiochemicals of stoat（*Mustela erminea*）[J]. *J Chem Ecol*，**16**：941－949.

Sundell J，Ylönen H. 2004. Behaviour and choice of refuge by voles under predation risk [J]. *Behav Ecol Sociobiol*，**56**：263－269.

Swihart RK. 1991. Modifying scent marking behavior to reduce woodchuck damage to fruit trees [J]. *Ecol Appl*，**1**：98－103.

Wei WH，Zhou WY，Fan NC. 2002a. The influence of moonlight and light intensity on activity of polecats（*Mustela eversmanni*）[J]. *Acta Theriol Sin*，**22**（3）：179－186.［魏万红，周文扬，樊乃昌. 2002a. 月光及光照对艾虎活动的影响. 兽类学报，**22**（3）：179－186.］

Wei WH，Zhou WY，Fan NC. 2002b. The influence of moonlight and simulating light intensity on the use of microhabitat bypolecats（*Mustela eversmanni*）[J]. *Acta Theriol Sin*，**22**（4）：277－283.［魏万红，周文扬，樊乃昌. 2002b. 月光及光照强度对艾虎微生境利用的影响. 兽类学报，**22**（4）：277－283.］

Weldon PJ，Graham DP. 1993. Carnivore faecals suppress feeding byalpine goats（*Capra hircus*）[J]. *J Chem Ecol*，**19**：2947－2952.

Ylönen H，Sundell J，Tiilikainen R，Eccard JA，Horne T. 2003. Weasels'（*Mustela nivalis nivalis*）preference for olfactory cues of the vole（*Clethrionomys glareolus*）[J]. *Ecology*，**84**（6）：1447－1452.

Zheng SW，Zeng JX，Cui RX. 1983. On the ecology and energy dynamics of the masked polecat（*Mustela eversmanni*）in Haibei，Qinghai Province [J]. *Acta Theriol Sin*，**3**：35－46.［郑生武，曾缙祥，崔瑞贤. 1983. 青海海北地区艾虎的某些生物学特征及种群能量动态资料. 兽类学报，**3**（1）：35－46.］

Zhou WY，Wei WH. 1994a. Study on population dynamic of polecats and its effective factors [J]. *Acta Biol Plateau Sin*，**12**：161－171.［周文扬，魏万红. 1994a. 艾虎种群动态及其影响因素的研究. 高原生物学集刊，**12**：161－171.］

Zhou WY，Wei WH. 1994b. Activity rhythm of polecats in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Biol Plateau Sin*，**12**：181－187.［周文扬，魏万红. 1994b. 青藏高原艾虎活动节律的研究. 高原生物学集刊，**12**：181－187.］